

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-085607

(43)Date of publication of application : 25.03.1994

(51)Int.Cl.

H03H 17/02

(21)Application number : 04-231205

(71)Applicant : ALPINE ELECTRON INC

(22)Date of filing : 31.08.1992

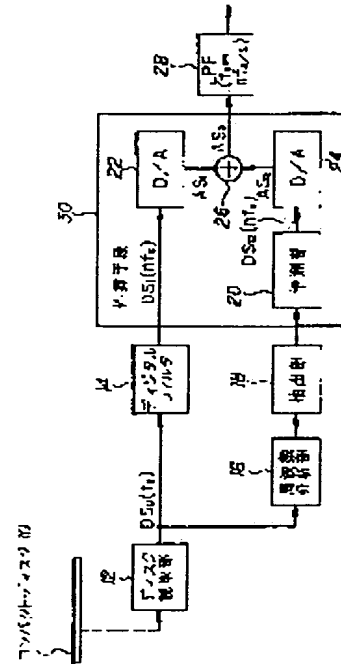
(72)Inventor : YOKOTA HACHIRO

## (54) HIGH BAND COMPONENT RESTORING DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To restore the high band component omitted from an original audio signal.

CONSTITUTION: The frequency of an original audio signal is analyzed by a frequency analyzing part 16. Then a tone color component including a pair of a fundamental tone and a harmonic is extracted out of the original audio signal band by an extracting part 18 based on the analyzing result of the part 16. Then an extrapolation means 30 estimates the harmonic component of a high band from the original audio signal band and extrapolates the harmonic component into the original audio signal with use of the tone color component extracted by the part 18.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-85607

(43)公開日 平成 6 年(1994) 3 月25日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 3 H 17/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

D 7037-5 J

A 7037-5 J

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平4-231205

(22)出願日 平成 4 年(1992) 8 月31日

(71)出願人 000101732

アルパイン株式会社

東京都品川区西五反田 1 丁目 1 番 8 号

(72)発明者 横田 八郎

東京都品川区西五反田 1 丁目 1 番 8 号 ア

ルパイン株式会社内

(74)代理人 弁理士 斉藤 千幹

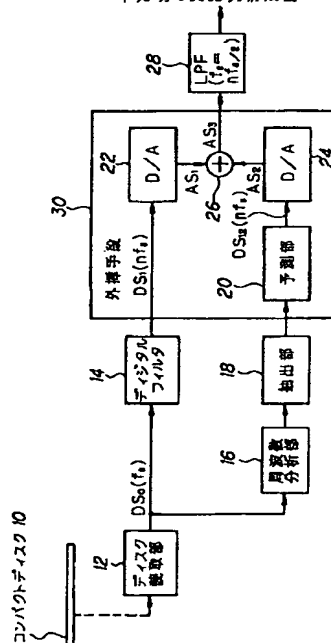
(54)【発明の名称】 高域成分復元装置

(57)【要約】

【目的】 原オーディオ信号で欠落している高域成分を復元する。

【構成】 周波数分析部 16 で原オーディオ信号の周波数分析を行い、分析結果から抽出部 18 により、原オーディオ信号帯域中に基音と倍音が組で存在する音色成分を抽出する。そして、外挿手段 30 により、抽出部 18 で抽出した音色成分を用いて、原オーディオ信号帯域より高域側の倍音成分を予測し原オーディオ信号に外挿する。

本発明の実施例構成図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 原オーディオ信号に対し周波数分析を行う周波数分析手段と、

周波数分析手段での分析結果から原オーディオ信号帯域中に基音と倍音が組で存在する音色成分を抽出する抽出手段と、

抽出手段で抽出された音色成分を用いて、原オーディオ信号帯域より高域側の倍音成分を予測し原オーディオ信号に外挿する外挿手段と、

を備えたことを特徴とする高域成分復元装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は高域成分復元装置に係り、特に原オーディオ信号が帯域制限されているために欠落した成分を復元することで音質向上を図った高域成分復元装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】コンパクトディスク、DAT等のデジタルオーディオでは、サンプリング周波数 $f_s$ に対し、 $f_s/2$ 以上の原オーディオ信号成分が存在すると所謂折り返し雑音が生じるので、原オーディオ信号は帯域が $f_s/2$ 以下に制限されてデジタル記録されている。コンパクトディスクでは $f_s = 44.1\text{kHz}$ の1種類、DATでは $f_s = 48\text{kHz}$ 、 $44\text{kHz}$ 等の複数種類となっているが、いずれにしても、デジタルオーディオ信号をサンプリング周波数 $f_s$ のままD/AコンバータでD/A変換すると、D/Aコンバータ出力がパルス幅を持つことから、 $f$ 特の高域レスポンスが低下したり（アバーチャ効果）、また、サンプリング周波数 $f_s$ が低いことで量子化雑音が目立ったりする。このため、通常は、デジタルオーディオ信号をD/A変換する前に、デジタルフィルタを通してサンプリング周波数を、4倍、8倍等の $n$ 倍に上げるオーバーサンプリングを行い、 $n f_s$ のサンプリング周波数でD/A変換し、高域レスポンスの低下を回避したり、量子化雑音を低減したりする処理がなされている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、オーディオ信号は、単一周波数の純音成分だけから成る場合は少なく、通常は基音と倍音の組み合わせから成る音色成分が1又は複数含まれている。しかしながら、図4に示す如く、原デジタルオーディオ信号の帯域が $f_s/2$ 以下に制限されていることにより、基音 $f_0$ と倍音 $f_1 \sim f_n$ の組み合わせから成る音色成分では、 $f_s/2$ 以上の倍音 $f_1, f_2, \dots, f_n$ の成分が欠落しており、デジタルフィルタで $n$ 倍オーバーサンプリングしたからといって、欠落した倍音成分は復元しない。よって、基音と倍音の組み合わせから成る音色成分については、生の音楽を忠実に再現した再生ができないという問題があった。以上から、本発明の目的は、原オーディオ信号で欠落している

高域成分を復元できるようにした高域成分復元装置を提供することである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】上記課題は本発明においては、原オーディオ信号に対し周波数分析を行う周波数分析手段と、周波数分析手段での分析結果から原オーディオ信号帯域中に基音と倍音が組で存在する音色成分を抽出する抽出手段と、抽出手段で抽出された音色成分を用いて、原オーディオ信号帯域より高域側の倍音成分を予測し原オーディオ信号に外挿する外挿手段を備えたことにより達成される。

## 【0005】

【作用】本発明によれば、原オーディオ信号に対し周波数分析を行い、分析結果から原オーディオ信号帯域中に基音と倍音が組で存在する音色成分を抽出し、抽出した音色成分を用いて、原オーディオ信号帯域より高域側の倍音成分を予測し原オーディオ信号に外挿する。これにより、原オーディオ信号で欠落した倍音成分を復元し、生の音楽を忠実に再現した再生が可能となる。

## 【0006】

【実施例】図1は本発明の実施例構成図である。図中、10は音楽信号がデジタル記録されたコンパクトディスク、12はコンパクトディスクの記録信号を読み取り、16ビット長でサンプリング周波数 $f_s (= 44.1\text{kHz})$ のデジタルオーディオ信号（原オーディオ信号）DS。を出力するディスク読み取り部である。デジタルオーディオ信号DS。は折り返し歪みの発生を防ぐため帯域が $f_s/2$ 以下に制限されている。14はディスク読み取り部から出力された原デジタルオーディオ信号に対し、 $n$ 倍のオーバーサンプリングを行い高域レスポンスの改善を行うデジタルフィルタである。デジタルフィルタは、16ビット長の高精度でデジタルオーディオ信号DS。を出力する。

【0007】16はデジタルオーディオ信号DS。に対し周波数分析を行う周波数分析部であり、該周波数分析部はFFT処理でデジタルオーディオ信号DS。に対し時間軸-周波数軸変換を行ってリアルタイムに周波数分析を行う。18は周波数分析部16での分析結果より、デジタルオーディオ信号帯域内（ $f_s/2$ 以下）に、基音と倍音の組み合わせから成る音色成分を抽出する抽出部、20は抽出部で抽出された音色成分から所定の予測関数を用いて、該音色成分が本来 $f_s/2 \sim n f_s/2$ の帯域で有しているべき倍音を予測し、該予測した倍音を $n f_s$ のサンプリング周波数による14ビット長のデジタルオーディオ信号DS。（時間軸上データ）として出力する予測部である。

【0008】予測部20は、抽出部18で抽出された各音色成分につき、基音と倍音の周波数関係及びレベル関係から、予測関数を用いて、 $f_s/2 \sim n f_s/2$ の帯域に存在すべき倍音の周波数とレベルを予測計算する。

3

予測関数は、例えば、抽出部18で抽出された或る1つの音色成分が図2(1)に示す如く、 $f_1$ の基音、 $f_2 \sim f_i$ の倍音となっていたとき、 $f_s/2$ に近い方の2つの倍音 $f_{i-1}$ 、 $f_i$ のレベルを結んだ直線を予測関数Fとし、

$$f_i = f_{i-1} + (i-4) \cdot (f_i - f_{i-1})$$

但し、 $i = 5, 6, 7, \dots$ 、

$$f_s/2 < f_i < n f_s/2$$

となる各 $f_1, f_2, \dots$ を予測倍音の周波数、

$f_1, f_2, \dots$ での直線F上のレベルを予測倍音のレベルとする。そして、予測部20は各予測倍音につき、時間軸上での合成波形に係るデジタルオーディオ信号を出力する。抽出部18で抽出した音色成分が複数個存在するときは、各音色成分毎に、倍音の予測を行い、全て合成した波形に係るデジタルオーディオ信号を出力する。

【0009】なお、或る1つの音色成分について、Fの傾きが例えば、 $-6\text{dB/oct}$ より小さいとき、 $f_s/2 \sim n f_s/2$ の範囲の倍音は存在しないとしてもよい。また、図2(2)に示す如く、抽出部18で抽出された或る1つの音色成分が $f_1$ の基音、 $f_2$ の倍音となっていたとき、基音 $f_1$ と倍音 $f_2$ のレベルを結んだ直線を予測関数Fとし、

$$f_i = f_2 + (i-2) \cdot (f_2 - f_1)$$

但し、 $i = 3, 4, 5, \dots$ 、

$$f_s/2 < f_i < n f_s/2$$

となる各 $f_1, f_2, \dots$ を予測倍音の周波数、

$f_1, f_2, \dots$ での直線F上のレベルを予測倍音のレベルとする。

【0010】22はデジタルフィルタから出力されたデジタルオーディオ信号 $DS_1$ をD/A変換する16ビット長のD/Aコンバータであり、デジタルオーディオ信号 $DS_1$ が $n$ 倍オーバーサンプリングされていることから、 $f_s/2$ 付近の高域レスポンスが改善され、量子化雑音の少ない $f_s/2$ 以下のアナログオーディオ信号 $AS_1$ を出力する。24は予測部20から出力されたデジタルオーディオ信号 $DS_2$ をD/A変換する14ビット長のD/Aコンバータであり、 $f_s/2 \sim n f_s$ の帯域に入る倍音のアナログオーディオ信号 $AS_2$ を出力する。26は加算器であり、アナログオーディオ信号 $AS_1$ と $AS_2$ を加算して、アナログオーディオ信号 $AS_3$ として出力する。28はカットオフ周波数 $f_c$ が $n f_s/2$ のLPFであり、アナログオーディオ信号 $AS_3$ に含まれる $n f_s/2$ 以上の折り返し歪み成分をカットする。予測部20、D/Aコンバータ22と24、加算器26により、高域倍音成分外挿手段30が構成されている。なお、周波数分析部16、抽出部18、予測部20はマイクロコンピュータやDSP(デジタルシグナルプロセッサ)を用いて実現することができる。

【0011】次に上記した実施例の動作を、 $n=4$ とし

4

た場合について簡単に説明する。ディスク読み取り部12でコンパクトディスク10から読み取られたデジタルオーディオ信号 $DS_0$ は、サンプリング周波数 $f_s = 44.1\text{kHz}$ で、帯域が $f_s/2$ 以下に制限されている。デジタルオーディオ信号 $DS_0$ はデジタルフィルタ14で4倍のオーバーサンプリングがなされ、サンプリング周波数 $4 f_s$ のデジタルオーディオ信号 $DS_1$ に変換されたのち、D/Aコンバータ22でD/A変換されてアナログオーディオ信号 $AS_1$ として出力される。このアナログオーディオ信号 $AS_1$ は、 $f_s/2$ 以下の原オーディオ信号につき、デジタルフィルタ14のオーバーサンプリングにより、アバーチャ効果による $f_s/2$ 近くのレスポンス低下の回避と量子化雑音の低減が図られたものとなる。

【0012】一方、デジタルオーディオ信号 $DS_0$ は、周波数分析部16で周波数分析されたのち、抽出部18で $f_s/2$ 以下の帯域に存在する基音と1又は複数の倍音の組み合わせからなる1又は複数の音色成分が抽出される。そして、抽出部18で抽出した各音色成分毎に、予測部20で $f_s/2 \sim 2 f_s$ の帯域に存在すべき倍音が予測され、予測した倍音全てが合成された時間軸上でのデジタルオーディオ信号 $DS_2$ がサンプリング周波数 $4 f_s$ で出力される。デジタルオーディオ信号 $DS_2$ はD/Aコンバータ24でD/A変換されてアナログオーディオ信号 $AS_2$ として出力され、加算器26で帯域 $f_s/2$ 以下のアナログオーディオ信号 $AS_1$ と合成されてアナログオーディオ信号 $AS_3$ として出力される。よって、アナログオーディオ信号 $AS_3$ は、図3に示す如く、 $f_s/2$ 以下の帯域にアバーチャ効果が改善され、かつ、量子化歪みが軽減された原オーディオ信号成分( $SA_1$ )を含み、 $f_s/2 \sim 2 f_s$ の帯域に、本来、存在すべき倍音成分が外挿された信号成分( $SA_2$ )を含むものとなる。アナログオーディオ信号 $AS_3$ はLPF28で $2 f_s$ 以上の折り返し歪み成分が除去された後、外部出力される。

【0013】この実施例によれば、原オーディオ信号ではカットされていた高域の倍音成分を復元して、生の音楽に忠実な音楽再生が可能となる。そして、原オーディオ信号に純音(単一周波数のサイン波)として含まれている音色成分については、倍音の外挿はなされないの

で、原オーディオ帯域でのTHDが悪化したり、再生音に歪みが生じたりすることはない。

【0014】なお、上記した実施例では、アナログ領域で $f_s/2$ 以下の原オーディオ信号に対し $f_s/2 \sim n f_s$ の予測倍音を外挿するようにしたが、デジタル領域で行うようにしてもよい。また、 $f_s$ は $44.1\text{kHz}$ に限られず、これ以上又はこれ以下であってもよく、更に、 $n$ も2、8、16等であってもよい。以上、本発明を実施例、変形例等により説明したが、本発明は請求の範囲に記載した本発明の主旨に従い種々の変形が可能であ

り、本発明はこれらを排除するものではない。

【0015】

【発明の効果】以上本発明によれば、原オーディオ信号に対し周波数分析を行う周波数分析手段と、周波数分析手段での分析結果から原オーディオ信号帯域中に基音と倍音が組で存在する音色成分を抽出する抽出手段と、抽出手段で抽出された音色成分を用いて、原オーディオ信号帯域より高域側の倍音成分を原オーディオ信号に外挿する外挿手段を備え、原オーディオ信号に対し周波数分析を行い、分析結果から原オーディオ信号帯域中に基音と倍音が組で存在する音色成分を抽出し、抽出した音色成分を用いて、原オーディオ信号帯域より高域側の倍音成分を予測し原オーディオ信号に外挿するように構成し\*

\*たから、原オーディオ信号で欠落した倍音成分を復元し、生の音楽を忠実に再現した再生が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例構成図である。

【図2】図1中の予測部の動作を示す線図である。

【図3】加算器出力のスペクトラムを示す線図である。

【図4】原オーディオ信号と倍音の関係を示す線図である。

【符号の説明】

16 周波数分析部

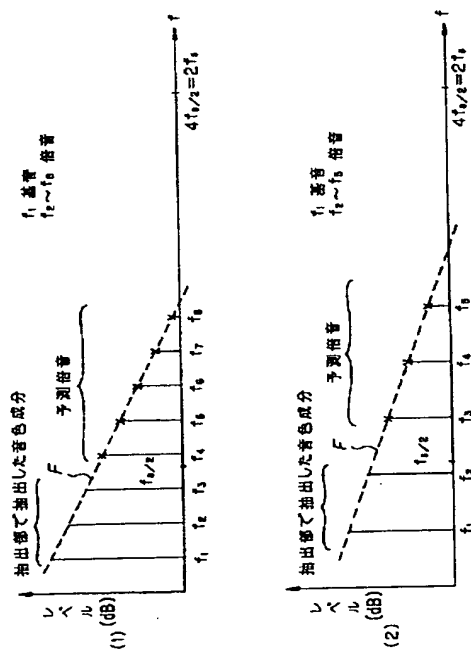
18 抽出部

20 予測部

30 外挿手段

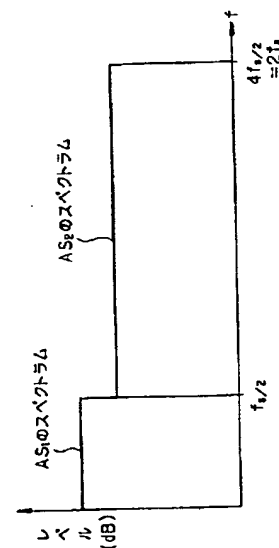
【図2】

予測部の動作を示す線図



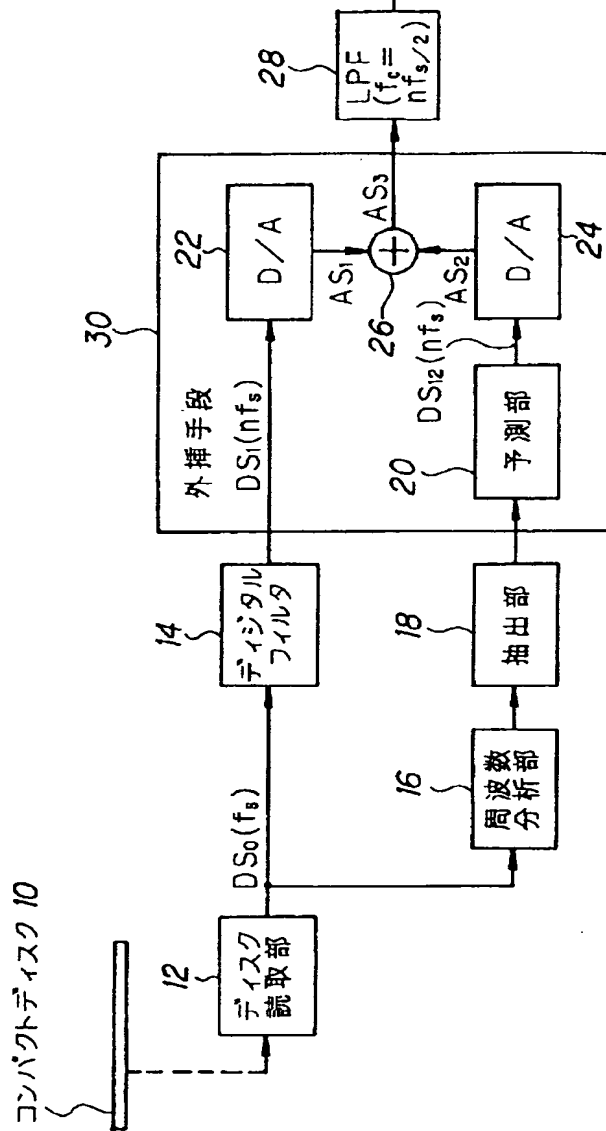
【図3】

加算器出力のスペクトラムを示す線図



【図1】

本発明の実施例構成図



【図4】

原オーディオ信号と倍音の関係を示す線図

